

# 먹는물 수처리 공정 중 필터 내 천연방사성물질의 잠재적 농축

전소담<sup>1</sup>, 박미희<sup>1</sup>, 신우식<sup>1,2</sup>, 한정희<sup>1</sup>, 류종식<sup>1</sup>, 정성욱<sup>1\*</sup>, 장병욱<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국기초과학지원연구원 지구환경연구부, 충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 162

<sup>2</sup>연세대학교 지구시스템학과, 서울 서대문구 연세로 50

<sup>3</sup>한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 과학로 62

jsd0305@kbsi.re.kr, \*schoung@kbsi.re.kr

## 1. 서론

천연 기원 방사성핵종만을 함유한 물질을 “천연 방사성물질(NORM)” 이라 한다[1]. 천연방사성물질 중 특히 U-238은 자연계에 많이 존재하는 우라늄 동위원소로, 그의 딸핵종인 Th-234, Pb-210, Rn-222 등의 방사성 물질을 생성한다. 지하수는 이러한 천연 기원으로 생성되는 방사성 물질 (Natural Occurring Radioactive Materials [NORMs])을 함유하고 있다.

우리나라 먹는 샘물 업체들은 대부분 지하수를 원수로 사용하여 상업용 먹는 샘물을 제조하고 있다[2]. 각각의 먹는 샘물 수처리 공정은 필터를 통해 지하수를 여과시키면서 필터에 상당량의 천연방사성물질을 축적시킬 수 있다. 하지만 지하수 내 천연방사성물질의 함유량이 비교적 낮아 지하수를 원수로 이용하는 먹는 샘물 제조 공정에서의 잠재적 농축에 대한 연구는 미미한 실정이다. 본 연구는 먹는 샘물 제조 공정에서 발생하는 부산물에 축적되는 천연방사성물질의 분포에 대한 연구를 수행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 시료채취

본 연구를 위해 우리나라 먹는 샘물 수처리 업체 중 13곳을 조사했다. 우리나라의 먹는 샘물 제조 업체의 처리 공정은 일반적으로 [원수 취수 - 전처리 필터 - 원수 저장조 - 마이크로 필터 여과 - 자외선 살균 - 처리수 저장조 - 최종 여과 및 소독 - 제품수] 로 구성되어 있었다. 각 업체마다 원수와 원수 저장조 및 처리수 저장조에서 시료를 채취하였다. 각 업체에서 원수 생산을 위해 설치한 펌프를 이용하였으며, 채수 전 5~10분 정도 사전양수를 통해 배관에 고여 있는 물을 제거한 후 채수하였다. 페필터의 경우 현장 조사 시 수거하거나 우편으로 수취하였다.

### 2.2 현장조사

현장 조사 시 채취한 원수 및 처리수는 현장에서 휴대용 측정기 (Thermo Orion A325, A326)를 이용하여 온도, 전기전도도, 산화환원전위, pH, 용존산소 등 수질 인자를 측정하였다. 또한, 휴대용 표면방사선량률 측정기 (LUDLUM SURVEY METER, 44-10 gamma Scintillation)를 이용해 원수 저장조와 각각의 필터 하우징, 처리수 저장조에서의 표면방사선량률을 측정하였다.

### 2.3 천연방사성 핵종 분석

원수와 처리수에서 우라늄, 토륨, 라돈, 라듐, 전알파, 전베타 등의 천연방사성핵종 분석을 수행하였다. 우라늄과 토륨 분석을 위해 질산을 첨가해 pH2로 산화시킨 시료는 ICP-MS (Thermo, X5)를 이용해 분석하였다. 라돈의 경우 채수 시 라돈의 손실이 없도록 공기와 접촉을 최소화하였으며 미네랄 오일과 시료를 혼합 (5:15 mL)한 후, Liquid Scintillation Counter (Perkin Elmer, Quantulus 1220)을 이용하여 분석하였다.

수거된 페필터 내 천연방사성핵종 분석을 위해 1 L 용량의 마리넬리 비이커 (Marinelli beaker)에 해체된 필터를 담아 원반형 BEGe 검출기 (Canberra, 747)를 이용해 분석하였다. 특히 Pb-210과 Th-234와 같이 낮은 에너지대에 존재하는 감마방사선에 대한 측정 효율은 다른 검출기보다 높다.

## 3. 연구결과

### 3.1 천연방사성핵종: 원수와 처리수

대부분 업체의 지하수 중 라돈과 라듐, 우라늄 농도는 WHO와 US EPA의 권고치 이하로 일부 업체를 제외하곤 비교적 낮았다. 원수인 지하수에 분포하는 천연 방사성 핵종들은 먹는 샘물 처리 공정에 위치한 필터들을 거치면서 감소하는 경향을 나타냈다. 예를 들어, 라돈의 경우 현장 조사한 업체

들의 공정 순서 따라 농도를 조사한 결과 원수에 비해 최종 처리수에서 라돈이 약 37-99% 감소하였다 (Table 1).

Table 1. Comparison of radon concentrations between groundwater and treated water storage tanks

	Ground water storage tank (Bq/L)	Treated water storage tank (Bq/L)	Reduction rate (%)	Filter Types
A	8.21	0.10	98.8	carbon micro
B	46.8	20.4	56.4	carbon micro
C	28.0	12.7	54.6	micro
D	38.2	4.02	89.5	carbon micro
E	89.5	27.9	68.8	micro
F	16.6	10.4	37.3	ceramic
G	64.7	33.7	47.9	bag carbon micro

### 3.2 표면방사선량률: 원수 저장조와 필터 하우스

현장 조사한 8개 수처리 업체들 중 4개 업체들은 원수 저장조의 방사선량률이 비교적 낮음에도 불구하고 (0.09~0.27  $\mu\text{Sv/hr}$ ) 필터 하우스에서는 0.29~2.87  $\mu\text{Sv/hr}$ 의 높은 표면방사선량률을 보였다. 이는 방사성 핵종들이 필터에 축적되어 표면방사선량률이 증가시킬 가능성을 제시한다.

### 3.3 폐필터 내 천연 방사성 핵종

수거한 폐필터 내 천연방사성핵종 분석 결과, 총 3개의 업체의 전처리나 1차 여과에 해당하는 필터에서 Pb-210와 Th-234이 검출되었다. 특히, 일부 업체들의 전처리 필터인 활성탄 필터에서 Pb-210와 Th-234의 값은 각각 20.1, 1.73 Bq/g 및 12.47, 1.7 Bq/g으로 나타나 생활주변방사선안전관리법 상 규제 수준인 1 Bq/g을 초과하였다. 이들 업체들에 대한 연간 폐필터 발생량을 추정하여 연간 취급 방사능량을 예측한 결과, 생활주변방사선안전관리법 연간 기준치인 1000 kBq을 초과할 수 있음을 제시하였다.

## 4. 결론

지하수 중 원수 내 우라늄, 토륨, 라돈, 라듐 등의 천연방사성물질의 함량은 대부분 낮게 나타났다. 하지만 지하수 내 NORM의 농도가 낮을지라도

필터의 사용 기간이나 필터의 공정상 위치에 따라 필터에 천연방사성핵종이 축적될 수 있다. 향후 추가적인 연구가 더 수행되어야 하겠지만, 본 연구 결과는 먹는 샘물 공장에서 사용한 필터들의 폐기 시 적절한 처리 및 관리가 필요할 수 있음을 암시한다.

## 5. 감사의 글

이 논문은 한국원자력안전기술원(KINS)의 “생활 주변방사선 안전관리 이행 기술기반 구축” 사업의 지원을 통해 수행 연구결과물입니다.

## 6. 참고문헌

- [1] 대한방사선방어학회 “방사선방호 관리수단의 범위”, 국제방사선방호위원회 간행물 104, 8, (2007).
- [2] 이수재, 최상기, 문현주, 강상인, 맹준호, 이영수, 이관규, 이정호, 이순우 “먹는샘물관리 중장기 제도개선 정책방안 연구”, 환경부, 2-3 (2005).